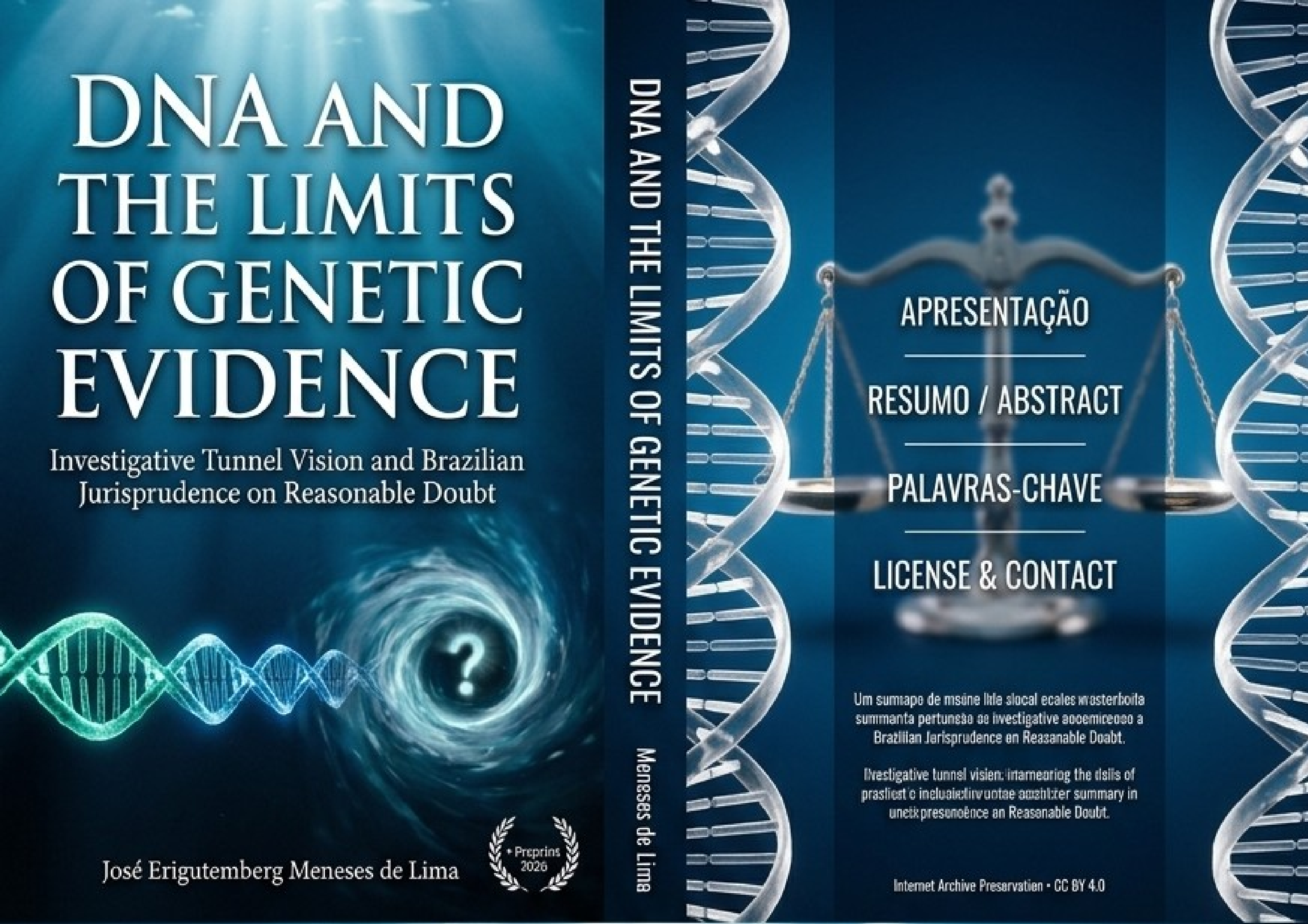
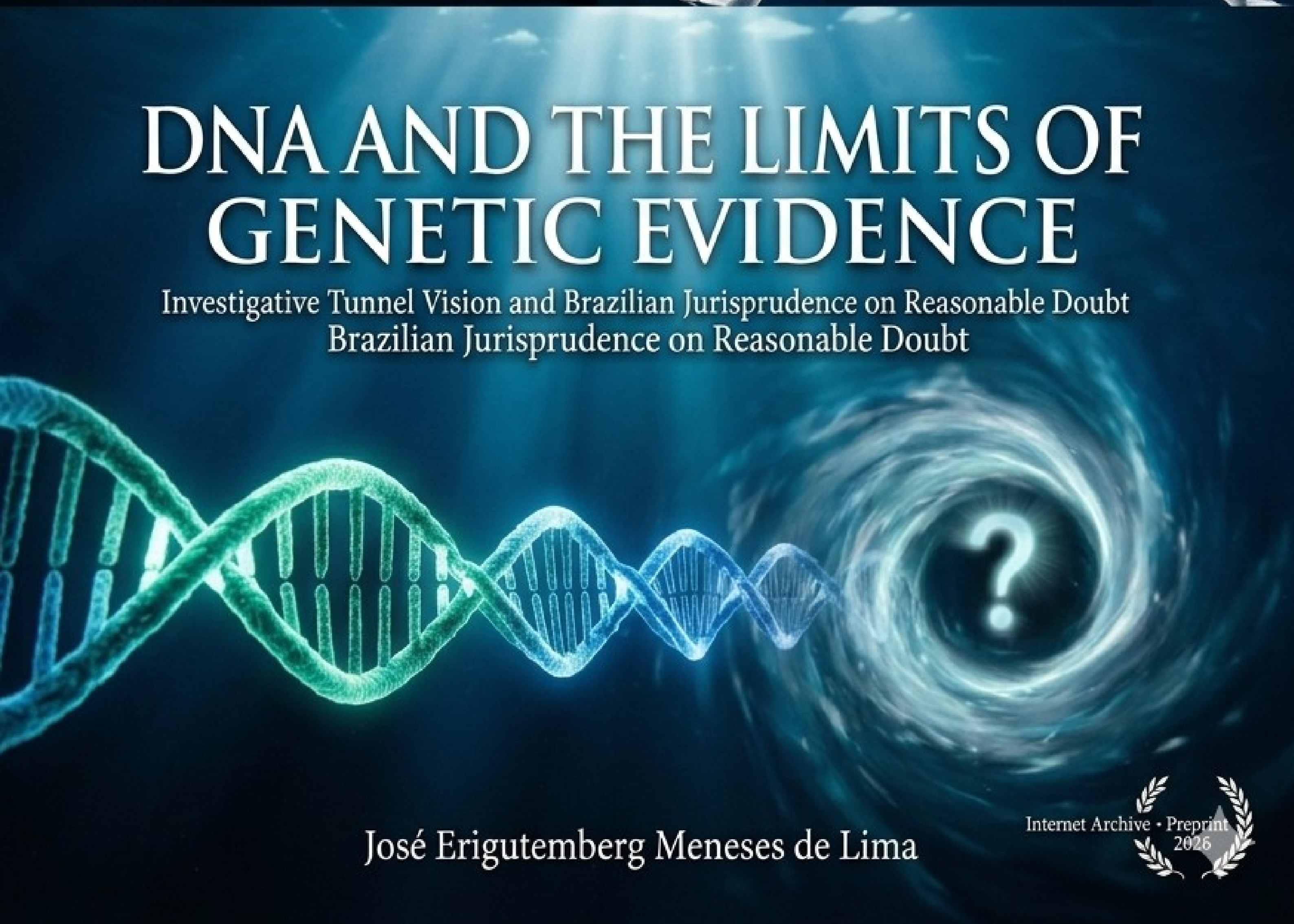

DNA AND THE LIMITS OF GENETIC EVIDENCE
Investigative Tunnel Vision and Brazilian Jurisprudence on Reasonable Doubt
José Erigutemberg Meneses de Lima
• Preprins 2026
DNA AND THE LIMITS OF GENETIC EVIDENCE
Meneses de Lima
APRESENTAÇÃO
RESUMO / ABSTRACT
PALAVRAS-CHAVE
LICENSE & CONTACT
Um sumapo de msúne ltle slocal ecales wasterboita summanta pertunsão ae investigative aooemiceoao a Brazilian Jurisprudence en Reasanable Doabt.
Ivestigative tunnel visien; inameoring the dslis of prasliest o inelualetivuntae aozltter summary in unekpresnoeñce an Reasanable Doubt.
Internet Archive Presarvatien • CC BY 4.0

DNA AND THE LIMITS OF GENETIC EVIDENCE
Investigative Tunnel Vision and Brazilian Jurisprudence on Reasonable Doubt
Brazilian Jurisprudence on Reasonable Doubt
José Erigutemberg Meneses de Lima
Internet Archive • Preprint 2026

NOTA DE LICENÇA E CITAÇÃO SUGERIDA

© 2026 José Erigutemberg Meneses de Lima.

Esta obra é licenciada sob a Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0).

Citação sugerida:

LIMA, José Erigutemberg Meneses de. DNA and the Limits of Genetic Evidence: Investigative Tunnel Vision and Brazilian Jurisprudence on Reasonable Doubt. Working Paper/Preprint, maio de 2026. Disponível em: Internet Archive. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5108-0585

ATUALIZAÇÕES E CONTATO

Versões revisadas (v2, v3...) serão disponibilizadas com histórico de alteração, preservando a integridade acadêmica e o registro original.

erigutemberg_menses@outlook.com | ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5108-0585

APRESENTAÇÃO: IMPORTÂNCIA E PERMANÊNCIA

A incorporação da análise de DNA ao processo penal representou um salto técnico sem precedentes, mas também revelou uma verdade incômoda e indispensável: o DNA identifica contato biológico, não autoria criminal. Este artigo examina os limites da evidência genética no ordenamento jurídico brasileiro, demonstrando como a supervalorização de perfis genéticos isolados pode alimentar a "visão de túnel" investigativa, comprometer o padrão probatório e violar a presunção de inocência.

A partir de precedentes emblemáticos nos Estados Unidos e no Brasil – incluindo os casos *Hambletton*, *Carlos Edmilson da Silva*, *Israel Pacheco* e o recente "Crime da 113 Sul" –, o trabalho expõe como a coincidência biológica não substitui a reconstrução probatória completa. Paralelamente, mapeia as fronteiras da genética forense contemporânea (sequenciamento de nova geração MPS/SNPs, adaptação forense do CRISPR-Cas9, epigenética/DNA metilação, espectroscopia NIR com IA e microbioma forense), destacando que, por mais sofisticadas que sejam, essas tecnologias permanecem estruturalmente silenciosas quanto ao dolo, à dinâmica do fato e à exclusão de hipóteses alternativas.

A importância deste estudo reside na urgência de equilibrar inovação científica e garantias processuais. Em um cenário de acelerada modernização tecnológica e crescente pressão institucional por "certezas" forenses, o artigo reforça que a legitimidade da justiça criminal não advém da substituição da investigação pela ciência, mas da integração rigorosa de ambas, submetidas ao crivo do contraditório, à neutralidade cognitiva e ao respeito à dúvida razoável como garantia constitucional insuprível. Disponível em edição bilíngue (português/inglês), este texto constitui capítulo integrante da obra *Arquitetura da Dúvida: Como Redesenhar o Sistema Penal Contra os Vieses da Mente Humana*, ampliando seu alcance interdisciplinar e fomentando o diálogo técnico entre pesquisadores, operadores do direito, peritos e formuladores de políticas públicas em âmbito nacional e internacional.

A permanência para a posteridade justifica-se pela natureza deste documento como registro crítico, metodológico e atualizado sobre um tema em constante

transformação. Preservado no Internet Archive, ele servirá como referência histórica e de consulta permanente, assegurando que os avanços da genética forense sejam acompanhados por reflexão jurídica robusta, prevenção sistemática de erros judiciários e defesa intransigente do Estado Democrático de Direito. A ciência ilumina caminhos; o direito garante que nenhuma porta seja fechada prematuramente.

RESUMO

Este artigo examina os limites da evidência genética no processo penal brasileiro, partindo da premissa de que o DNA identifica contato biológico, não autoria criminal. Analisa o caso State v. Petersen (Utah, 2007) e quatro precedentes brasileiros que ilustram como a visão de túnel investigativa e a supervalorização de evidências isoladas comprometem o padrão de dúvida razoável. O trabalho ainda apresenta o estado da arte das tecnologias forenses (MPS/SNPs, CRISPR-Cas9, metilação do DNA, espectroscopia NIR com IA e microbioma), concluindo que nenhuma delas responde independentemente à questão da autoria penal. A legitimidade da justiça criminal depende da integração entre ciência e salvaguardas processuais, nunca da substituição de uma pela outra.

PALAVRAS-CHAVE

DNA forense; evidência genética; visão de túnel; dúvida razoável; jurisprudência brasileira; sequenciamento de nova geração; CRISPR-Cas9; epigenética forense; inteligência artificial; presunção de inocência; garantias processuais.

ABSTRAT

This article examines the limits of genetic evidence in criminal procedure, based on the premise that DNA identifies biological contact, not criminal authorship. It analyzes State v. Petersen (Utah, 2007), in which Dan Petersen was acquitted despite his DNA profile matching semen found on victim Tiffany Hambletton, demonstrating that biological coincidence cannot replace full evidentiary reconstruction. Next, three Brazilian precedents are examined — Carlos Edmilson da Silva (STJ, 2024), Israel de Oliveira Pacheco (STF, 2018), and Antonio Claudio Barbosa de Castro — which illustrate how investigative tunnel vision and the overvaluation of isolated evidence (whether testimonial or genetic) undermine the constitutional standard of reasonable doubt. The article then presents the most advanced stage of forensic DNA technology, including next-generation sequencing (MPS/SNPs), CRISPR-Cas9 applied to forensic analysis, epigenetics (DNA methylation), and complementary technologies such as AI-

assisted near-infrared spectroscopy and forensic microbiome analysis. It concludes that, although these innovations exponentially expand the informational capacity of biological traces, none of them independently answers the question of criminal authorship; on the contrary, their technical sophistication demands heightened attention to adversarial scrutiny, contextual evidence, and the mitigation of confirmation bias. The legitimacy of criminal justice depends on the integration of science and procedural safeguards, never on the substitution of one for the other.

KEYWORDS FORENSIC

DNA; genetic evidence; tunnel vision; reasonable doubt; Brazilian jurisprudence; Tiffany Hambletton case; next-generation sequencing (MPS); CRISPR-Cas9; DNA methylation; forensic epigenetics; NIR spectroscopy; artificial intelligence; innocence; presumption of innocence; procedural guarantees

DNA AND THE LIMITS OF GENETIC EVIDENCE: INVESTIGATIVE TUNNEL VISION AND BRAZILIAN JURISPRUDENCE ON REASONABLE DOUBT

1. Introduction

The incorporation of DNA analysis into the evidentiary repertoire of criminal investigations represented an unprecedented technical leap, redefining standards of identification, linking suspects to crime scenes, and enabling the reassessment of historical convictions. However, contemporary forensic and procedural maturity reveals an uncomfortable yet indispensable truth: DNA identifies biological contact, not criminal authorship. When isolated, decontextualized, or overvalued, genetic profiles can fuel investigative tunnel vision, lead to the abandonment of competing hypotheses, and compromise the legal standard of proof necessary for a legitimate conviction.

The case of Tiffany Hambletton in the United States, alongside growing Brazilian jurisprudence on the subject, converges on a single principle: forensic science must serve investigation, never replace it.

Simultaneously, the field of forensic genetics itself has evolved at an accelerated pace. New technologies—from next-generation sequencing to epigenetics, including CRISPR-based tools and AI-assisted spectroscopic analyses—extraordinarily expand the range of answers that biological traces can provide. However, as will be shown, none of these innovations eliminates the central need for evidentiary contextualization and respect for adversarial procedure. On the contrary: the more sophisticated the technology, the greater the risk that its aura of mathematical precision will obscure the elementary questions that criminal procedure cannot dispense with: *when? how? under what circumstances?*

1.1 Genetic Evidence: Between Identification and Criminal Narrative

DNA examination answers precise questions: *Whose biological material was found?* However, it is structurally silent regarding decisive procedural interrogatives: *When was it deposited? How? In what context? Was there consent? Did the contact*

occur before, during, or after the crime? The presence of a genetic profile on a victim, in traces, or on surfaces may result from primary transfer (direct contact); secondary or tertiary transfer (via clothing, hands, intermediary objects); laboratory or scene contamination; or consensual biological activity unrelated to the offense.

Criminal procedural doctrine and forensic genetics recognize that DNA deals with statistical probabilities, not narrative certainties. Therefore, its probative value is circumstantial and complementary: it requires corroboration by elements of opportunity, crime dynamics, location records, coherent testimonies, and, above all, the exclusion of plausible alternative explanations. Without this evidentiary chain, genetic coincidence remains an indicator of proximity, not a certificate of guilt.

2. Technological Advances in the Forensic Field: Beyond Traditional STR

DNA analysis by STR (Short Tandem Repeats) remains the "gold standard" of forensic genetics, but the field has evolved significantly. Emerging technologies not only refine traditional analysis but also complement DNA by extracting information that conventional methods cannot reach. It is essential to understand them to grasp both the potential and the limits of contemporary forensic science.

2.1 Next-Generation Sequencing (MPS): SNPs and Microhaplotypes

While STR analyzes short sequence repetitions, Massively Parallel Sequencing (MPS) allows examination of hundreds of markers simultaneously, with emphasis on SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms).

Advantages of MPS over traditional STR:

Advantage	Explanation
Analysis of highly degraded DNA	SNPs are shorter than STRs and therefore more resistant to fragmentation, enabling analysis of samples where STR fails.
Greater discriminatory	Although each SNP is less informative individually, simultaneous analysis of hundreds

capacity	compensates for this limitation.
Forensic Intelligence (DNA Intelligence)	Unlike STR, certain SNPs allow inference of the donor's physical characteristics (eye, skin, hair color), biogeographic origin, and even biological age—valuable information when no suspect is identified.

Microhaplotypes (MHs): A recent innovation combining multiple SNPs in a single short region, offering superior discrimination power to individual SNPs, with applications for both identification and ancestry prediction.

2.2 The CRISPR-Cas9 Revolution in Forensic Genetic Analysis

CRISPR-Cas9 technology, originally developed for genetic editing, is being adapted for forensic DNA analysis with promising results. A systematic review published in the *Journal of Forensic and Legal Medicine* (2026) assessed its transformative potential.

Main capabilities of the technology:

Capability	Description
Precision in analyzing degraded samples	The CRISPR system enables recovery of genetic information from low-quality, highly degraded samples, overcoming limitations of traditional methods.
Resolution of mixtures	CRISPR's specific targeting capability facilitates disaggregation of complex genetic profiles from multiple contributors.
Portable diagnostic systems	Derived technologies such as SHERLOCK, DETECTR, and HOLMES enable rapid DNA analysis without amplification and in portable format—ideal for field use.

Ethical and legal implications: The same study warns that implementing CRISPR-based evidence in judicial proceedings will require in-depth debates on data privacy, evidentiary admissibility, and equitable access to technology.

Validation Note: CRISPR-based technologies for forensic purposes remain in the experimental phase and lack normative validation for use in criminal proceedings in Brazil, according to guidelines from the Ministry of Justice and Public Security.

2.3 Forensic Epigenetics: DNA Methylation

DNA methylation is a chemical modification that regulates gene expression without altering the base sequence. In forensics, it answers questions that conventional DNA cannot.

Application	What It Enables	Example of Use
Biological age estimation	Measures epigenetic changes that occur predictably with aging	Age assessment of asylum seekers or young victims
Body fluid identification	Differentiates blood, saliva, semen, vaginal secretion through tissue-specific methylation patterns	Determining whether a stain on underwear is semen or vaginal secretion
Differentiation of monozygotic twins	Identical twins share the same nuclear DNA but have distinct methylation patterns	Criminal cases where twins are suspects

Nanopore Sequencing Technology: Recent studies demonstrate that nanopore sequencing (Oxford Nanopore) enables real-time methylation detection without chemical DNA conversion, with >99.5% alignment efficiency.

European ForMAT Project: The European Union funds the development of forensic kits based on DNA methylation, with projected advancement in technological

maturity level (TRL 5 to TRL 7), covering criminal cases, disaster victim identification, and legal age assessment.

2.4 AI-Assisted Optical Analysis and Forensic Microbiome

Parallel to genetic advances, spectroscopic and visual technologies are transforming the identification of biological traces.

Portable Near-Infrared (NIR) Spectroscopy: A study published in *Spectrochimica Acta Part A* (2026) demonstrated that handheld NIR devices combined with artificial neural networks can distinguish human from animal bones with 96.3% accuracy, without destroying the sample. The technology enables rapid crime scene screening, identifying which bones warrant detailed genetic analysis.

Soil Analysis and Forensic Microbiome: Soil present in traces (shoes, tires, clothing) functions as a geographic "fingerprint." DNA metagenomics identifies the soil microbial community, which varies significantly between locations. Predictive AI models (Random Forest and SVM) achieve over 90% accuracy in classifying the geographic origin of soil.

2.5 Synthesis: What New Technologies Add (and What They Do Not Change)

Technology	Primary Function	Complementarity with Traditional DNA
STR (traditional)	Individual identification	—
MPS/SNPs	ID in degraded samples + phenotypic inference	Expands power when STR fails
CRISPR-Cas9	Analysis of mixtures and complex samples	Resolves technical limitations of STR

Methylation/Nanopore	Age, body fluids, twin differentiation	Answers the "how" and "when"
NIR + AI	Rapid screening of biological traces	Preserves samples for subsequent genetic analysis

The crucial datum, directly relevant to criminal procedural law, is this: None of these technologies independently answers the question of criminal authorship. Epigenetics may indicate whether contact was recent or old; MPS may extract a profile from a degraded sample; CRISPR may disaggregate a complex mixture; spectroscopy may identify a human bone in seconds. But all remain structurally silent regarding intent, event dynamics, and exclusion of alternative hypotheses. Technological advancement, therefore, does not eliminate the central problem of genetic evidence—it merely displaces it to more sophisticated levels, where the risk of overvaluing science becomes even greater.

3. The Tiffany Hambletton Case: When DNA Points, But Does Not Convict

In February 1986, 14-year-old Tiffany Lynn Hambletton disappeared in Salt Lake City, Utah, after attending a concert. Her body was found six weeks later, a victim of homicide by stabbing, in a ditch near the airport. The case remained archived for 17 years until, in 2003, exhumation allowed new collection of biological material. In 2007, Dan Petersen was arrested after his DNA profile matched semen found on the victim and under the young woman's nails.

Prosecution Strategies (State of Utah):

The prosecution team, led by prosecutors Patricia Parkinson and Kent Morgan, structured their thesis on three pillars:

Pillar	Argument
DNA as Proof of Violence	Prosecutor Parkinson stated that DNA under Tiffany's nails indicated physical struggle, while Prosecutor Morgan emphasized that Petersen's sperm

	on the victim's clothing physically connected him to the crime.
Motivation for Silence	The prosecution argued that Petersen killed Tiffany because she was "the only witness to the terrible crime of an adult man having illegal sexual relations with a minor" and could identify him.
Appeal to Common Sense	Morgan concluded his arguments by asking the jury to use "common sense" to convict Petersen, stating that "Tiffany Hambletton waited 21 years" for justice.

Defense Strategies:

The defense, led by attorneys Randall Skeen, Shawn Robinson, and Glen Cook, focused on deconstructing the accusatory narrative:

Strategy	Argument
Fundamental Distinction	The central argument was that "the DNA evidence was strong, but it was evidence of sex DNA, not murder DNA." Skeen stated that "his DNA on the blouse is not enough to convict him of murder. It might convict him of stupidity and a sexual event, but not homicide."
Kite String Analogy	Skeen compared the prosecution's case to "a worn and frequently patched kite string," suggesting the evidence was fragmented.
Absence of Cross-Referenced Physical Evidence	The defense highlighted that witnesses saw Petersen the day after the crime without blood on his clothing, and that a brutal stabbing would have spattered blood everywhere, which was not found in the car or on the defendant's garments.

After only four and a half hours of deliberation, the jury acquitted Petersen. The outcome does not invalidate the use of DNA; rather, it evidences its limits when treated as a self-sufficient element. The investigation, fixated on genetic coincidence, failed to build the evidentiary bridge between presence and authorship. As one juror observed: *"Maybe it could convict him of stupidity and a sexual event, but not murder."*

Had technologies such as DNA methylation (to estimate the timing of biological contact) or soil microbiome analysis (to verify whether Petersen's vehicle had been at the body location) been available at the time, perhaps the prosecution would have had more contextual elements—or, conversely, the defense more arguments for reasonable doubt. But even these technologies would not answer the decisive question: *Who delivered the knife blows?* Petersen's acquittal remains a perennial warning: no technology, however advanced, replaces complete evidentiary reconstruction.

4. Brazilian Jurisprudence: Recognizing the Limits of Forensic Science

The Brazilian legal order, through emblematic decisions of the STF (Federal Supreme Court) and STJ (Superior Court of Justice), has progressively internalized the same warnings, evidencing that judicial error often stems from overvaluation of fragile testimonial evidence to the detriment of science, or vice versa.

4.1 Carlos Edmilson da Silva Case (2024): Flawed Recognition and Exclusionary DNA

Carlos Edmilson da Silva was arrested in 2012 in Barueri (SP) and sentenced to 137 years for ten rapes, based exclusively on photographic and in-person identifications. After 12 years of incarceration, DNA tests requested by Innocence Project Brazil demonstrated that the genetic profile found on victims did not match Carlos, but another individual already imprisoned.

Party	Arguments
Original Prosecution	Prosecutor Vagner dos Santos Queiroz defended the photo-based conviction with a statement that became a symbol of racial bias and evidentiary fragility:

	"What exists most in this country are convictions of rapists and thieves with common physical type and face... Indeed, few victims must be raped by lookalikes of Brad Pitt, Daniel Craig, and George Clooney."
Defense (Innocence Project Brazil)	Attorney Flavia Rahal demonstrated that the identification was "inductive," as victims were confronted with a single photograph, inducing error in situations of traumatic stress.

Outcome: The STJ annulled all convictions, and DNA acted as exclusion of authorship, proving that science only fulfills its role when applied with rigor.

In this case, advanced technologies such as MPS/SNPs could have resolved the case years earlier, extracting genetic profiles even from degraded or old samples. But the central problem was not technical—it was cognitive and procedural: the investigation fixated on one suspect and abandoned other hypotheses. Science, when finally called upon, corrected the error. But 12 years of imprisonment had already been served.

4.2 Israel de Oliveira Pacheco Case (STF, 2018): Reasonable Doubt Between Witness and DNA

In 2018, the First Panel of the STF acquitted Israel Pacheco, convicted of rape in Rio Grande do Sul, after a DNA report proved that blood from the crime scene belonged to a co-defendant, not him.

Party	Arguments
Original Prosecution	The Public Prosecutor's Office and dissenting votes by Justices Barroso and Moraes prioritized the victim's and her mother's identification of Israel as the perpetrator, even in the face of contrary scientific evidence.

Defense (Public Defender's Office)	The defense used the DNA examination to request acquittal, based on *in dubio pro reo*.

STF Decision: Justice Luiz Fux, in the tie-breaking vote, established the precedent: *"A conviction must be clear as light... doubt, beyond reasonable, must operate in favor of the defendant."* The decision affirmed that conviction requires evidentiary clarity unsusceptible to alternative explanations, and that DNA, when generating doubt, must prevail over the victim's word when the latter is not corroborated.

In this case, traditional STR technology was sufficient to generate reasonable doubt. But if DNA examination had not been possible (due to sample degradation, for example), technologies such as CRISPR-Cas9 or MPS could have enabled analysis where STR would fail. The principle, however, would remain the same: in the face of doubt, acquit.

4.3 Antonio Claudio Barbosa de Castro Case (Parallel): Tunnel Vision

Known as the "motorcycle maniac," he was convicted based on voice identification but exonerated when video forensics showed the perpetrator was 15 cm taller. Although it does not involve DNA, it illustrates how tunnel vision leads authorities to discard exculpatory evidence—a phenomenon that threatens the interpretation of any forensic technology, including the most advanced.

4.4 Structural Positionings of STJ and STF

Guideline	Content
1. Prohibition of conviction based on unconfirmed informational elements	Súmula 70 of the STJ, reiterated in multiple precedents: no conviction may rest solely on police inquiry elements not confirmed in court.

2. Nullity of identification without procedural safeguards	Theme 1.107 of the STJ: in-person or photographic identification without observance of Art. 226 of the CPP is null, under penalty of inductive vice and evidentiary contamination.
3. DNA as probabilistic and contextual evidence	Subject to contamination, secondary transfer, and interpretive errors; must be evaluated together with other evidence.
4. Duty of impartial investigation	Active search for competing hypotheses and recording of diligences that confirm or rule out authorship, under penalty of violating due process and broad defense.

5. Tunnel Vision and Confirmation Bias: Risks Aggravated by New Technologies

Tunnel vision (or *confirmation bias*) occurs when the discovery of a genetic coincidence accelerates investigative bias:

1. Police treat the DNA profile as "definitive proof."
2. They abandon other lines of inquiry.
3. They ignore alibi records or plausible alternatives for the material's presence.

The result is a weakened process, where the prosecution rests on an incomplete technical foundation, as occurred in the Utah case and the near-error in the Pacheco case.

New technologies bring an additional, frequently neglected risk: the more sophisticated the tool, the greater its aura of infallibility before jurors, judges, and even experts. A next-generation sequencing result, or a nanopore methylation analysis, may appear "more scientific" than a traditional STR examination—and therefore harder to challenge in adversarial procedure. This makes confirmation bias even more dangerous: excessive confidence in technology can blind the investigator to the need for contextual corroboration.

Specialized literature on CRISPR-Cas9 already warns of this phenomenon, recommending that courts and laboratories adopt cognitive neutrality protocols, blind peer review, and mandatory recording of alternative hypotheses before concluding reports. The same applies to MPS, epigenetics, and AI-assisted spectroscopy: technology is a tool, not an oracle.

6. The Standard of Proof and Reasonable Doubt in the Brazilian Legal Order

Although Brazilian law does not textually use the expression *beyond reasonable doubt* (typical of common law), Article 5, LVII, of the Federal Constitution (presumption of innocence) and Article 386, item VI, of the Code of Criminal Procedure (acquittal for insufficiency of evidence or existence of circumstance authorizing doubt about the fact or its authorship) function as functional equivalents.

National jurisprudence has consolidated that:

Principle	Content
1. Burden of proof	Rests entirely on the prosecution.
2. Reasonable doubt	Is not a system failure, but a constitutional guarantee.
3. Conviction standard	Requires a coherent, plural, and unquestionable body of evidence, never isolated proof.
4. Expert reports	Including genetic and epigenetic ones, must be submitted to adversarial procedure, broad defense, and technical critique.

When DNA—even analyzed by the most advanced technologies (MPS, CRISPR, methylation)—is presented as the sole piece of conviction, without connection to crime dynamics, without exclusion of incidental transfer, and without circumstantial corroboration, the standard of proof is not met. Acquittal, in these cases, is not a denial of science, but honor to the Democratic Rule of Law.

Conclusion: Science in Service of Truth, Not Convenience

The murder of Tiffany Hambletton and the Brazilian cases of Carlos Edmilson and Israel Pacheco demonstrate, in a convergent and legally relevant manner, that DNA identifies, but does not convict. In the U.S., the jury understood that DNA proves sexual contact, not homicide. In Brazil, the STF understood that DNA generates reasonable doubt capable of acquitting, while the STJ used it to undo a 12-year error.

New technologies—MPS/SNPs, CRISPR-Cas9, DNA methylation, NIR spectroscopy with AI, forensic microbiome—immensely expand what we can extract from a biological trace. They enable analysis of degraded samples, age estimation, body fluid identification, twin differentiation, rapid field screening, and even inferences about the donor's physical characteristics. But none of them answers the central question of criminal procedure: who, with intent and culpability, committed the offense?

Criminal authorship is only established when:

1. Science serves investigation, not the reverse;
2. Reasonable doubt is respected as an insurmountable limit;
3. Conviction rests upon an evidentiary body that not only connects, but explains.

In this balance lies not only the effectiveness of justice, but its legitimacy.
The future of forensics in Brazil depends on:

1. Overcoming tunnel vision;
2. Continuing education in cognitive bias;
3. Laboratory transparency;
4. Adoption of protocols that prioritize the search for real truth, not confirmation of preconceived hypotheses.

The most advanced technologies will be welcome—provided they are used with epistemic humility, submitted to adversarial procedure, and integrated into a plural, contextualized, and impartial investigation.
Only then will DNA fulfill its true role: illuminating paths, never closing doors.
Integrated Sources and References

Tiffany Hambletton Case (*State v. Petersen*)

1. *Deseret News* – Daily trial coverage (closing arguments, testimonies, verdict)
2. *KSL.com* – Reports on arrest, procedural developments, and acquittal
3. *The Salt Lake Tribune* – Article on DNA-based arrest and verdict via Associated Press
4. *ABC4 Utah* – Retrospective reports on the case as a "missed opportunity"
5. *Forbes* – Article on Sorenson Forensics' role in suspect identification

Brazilian Cases

1. Carlos Edmilson da Silva Case – STJ, 2024 decision; coverage by Innocence Project Brazil
2. Israel de Oliveira Pacheco Case – STF, First Panel, 2018 (vote by Justice Luiz Fux)
3. Antonio Claudio Barbosa de Castro Case – TJ-CE and national press coverage
4. Advanced Technologies
5. CRISPR-Cas9 in forensics: *Journal of Forensic and Legal Medicine* (2026)
6. MPS/SNPs and microhaplotypes: Specialized literature in forensic genetics
7. DNA methylation and Nanopore sequencing: Studies from the European ForMAT Project
8. NIR spectroscopy with AI: *Spectrochimica Acta Part A* (2026)
9. Forensic microbiome: Random Forest and SVM models (>90% accuracy)

Author's Note: This manuscript is a working paper/preprint and has not undergone peer review. Updated versions will be posted with version history. © 2026 José Erigutemberg Meneses de Lima. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). SSRN holds a non-exclusive license for distribution and preservation. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-5108-0585

DNA E OS LIMITES DA PROVA GENÉTICA: O VIÉS DE TÚNEL INVESTIGATIVO E A JURISPRUDÊNCIA BRASILEIRA SOBRE A DÚVIDA RAZOÁVEL

1. Introdução

A incorporação da análise de DNA ao repertório probatório das investigações criminais representou um salto técnico sem precedentes, redefinindo padrões de identificação, conexão de suspeitos a cenas de crime e reavaliação de condenações históricas. Contudo, a maturidade forense e processual contemporânea revela uma verdade incômoda, porém indispensável: o DNA identifica contato biológico, não autoria delitiva. Quando isolado, descontextualizado ou supervalorizado, o perfil genético pode alimentar a visão de túnel investigativa, levar ao abandono de hipóteses concorrentes e comprometer o padrão jurídico de prova necessário para uma condenação legítima. O caso de Tiffany Hambletton, nos Estados Unidos, e a crescente jurisprudência brasileira sobre o tema convergem para um mesmo princípio: a ciência forense deve servir à investigação, nunca substituí-la.

Paralelamente, o próprio campo da genética forense tem evoluído em velocidade acelerada. As novas tecnologias, do sequenciamento de próxima geração à epigenética, passando por ferramentas baseadas em CRISPR e análises espectroscópicas assistidas por inteligência artificia, ampliam extraordinariamente o leque de respostas que os vestígios biológicos podem oferecer. Contudo, como se verá, nenhuma dessas inovações elimina a necessidade central de contextualização probatória e de respeito ao contraditório. Pelo contrário, quanto mais sofisticada a tecnologia, maior o risco de que sua aura de precisão matemática ofusque as perguntas elementares que o processo penal não pode dispensar: *quando? como? em que circunstâncias?*.

1. 1 A Prova Genética: Entre a Identificação e a Narrativa Criminal

O exame de DNA responde a perguntas precisas: *de quem é o material biológico encontrado?* No entanto, ele é estruturalmente silente quanto a interrogantes processuais decisivos: *quando foi depositado? Como? Em que contexto? Houve consentimento? O contato ocorreu antes, durante ou após o crime?* A presença de um perfil genético na vítima, em vestígios ou em superfícies pode resultar de transferência primária (contato direto); transferência secundária ou terciária (via roupas, mãos, objetos intermediários); contaminação laboratorial ou de cena; ou atividade biológica consensual ou alheia ao delito.

A doutrina processual penal e a genética forense reconhecem que o DNA lida com probabilidades estatísticas, não com certezas narrativas. Por isso, seu valor probatório é circunstancial e complementar: exige corroboração por elementos de oportunidade, dinâmica do fato, registros de localização, testemunhos coerentes e, sobretudo, a exclusão de explicações alternativas plausíveis. Sem essa cadeia probatória, a coincidência genética permanece um indicador de proximidade, não um atestado de culpa.

2. Os Avanços Tecnológicos no Campo Forense: Para Além do STR Tradicional

A análise de DNA por STR (*Short Tandem Repeats*) continua sendo o "padrão ouro" da genética forense, mas o campo evoluiu significativamente. As tecnologias emergentes não apenas aprimoram a análise tradicional, mas também complementam o DNA ao extrair informações que os métodos convencionais não conseguem alcançar. É essencial conhecê-las para compreender tanto o potencial quanto os limites da ciência forense contemporânea.

2.1. Sequenciamento de Próxima Geração (MPS): SNPs e Microhaplotipos

Enquanto o STR analisa repetições de sequências curtas, o sequenciamento maciçamente paralelo (MPS) permite examinar centenas de marcadores simultaneamente, com destaque para os SNPs (*Single Nucleotide Polymorphisms*).

Vantagens do MPS sobre o STR tradicional:

1. Análise de DNA altamente degradado: SNPs são mais curtos que STRs e, portanto, mais resistentes à fragmentação, permitindo análise de amostras onde o STR falha.
2. Maior capacidade discriminatória: Embora cada SNP seja menos informativo individualmente, a análise simultânea de centenas compensa essa limitação.
3. Inteligência forense (*DNA Intelligence*): Diferentemente do STR, certos SNPs permitem inferir características físicas do doador (cor de olhos, pele, cabelo), origem biogeográfica e até idade biológica — informações valiosas quando não há suspeito identificado.

Microhaplotipos (MHs): Trata-se de uma inovação recente que combina múltiplos SNPs em uma única região curta, oferecendo poder de discriminação superior ao SNP individual, com aplicações tanto para identificação quanto para predição de ancestralidade.

2.2. A Revolução CRISPR-Cas9 na Análise Genética Forense

A tecnologia CRISPR-Cas9, originalmente desenvolvida para edição genética, está sendo adaptada para a análise forense de DNA com resultados promissores. Uma revisão sistemática publicada no *Journal of Forensic and Legal Medicine* (2026) avaliou seu potencial transformador.

Principais capacidades da tecnologia:

1. Precisão na análise de amostras degradadas: O sistema CRISPR permite recuperar informação genética de amostras de baixa qualidade e alto grau de degradação, superando limitações dos métodos tradicionais.
2. Resolução de misturas: A capacidade de direcionamento específico do CRISPR facilita a desagregação de perfis genéticos complexos provenientes de múltiplos contribuintes.
3. Sistemas portáteis de diagnóstico: Tecnologias derivadas como SHERLOCK, DETECTR e HOLMES permitem análise de DNA de forma rápida, sem necessidade de amplificação e em formato portátil — ideal para uso em campo.

Implicações éticas e legais: O mesmo estudo alerta que a implementação de evidências baseadas em CRISPR no processo judicial exigirá debates aprofundados sobre privacidade de dados, admissibilidade probatória e equidade no acesso à tecnologia.

2.3. Epigenética Forense: Metilação do DNA

A metilação do DNA é uma modificação química que regula a expressão gênica sem alterar a sequência de bases. Na forense, ela responde a perguntas que o DNA convencional não consegue.

Aplicação	O que permite	Exemplo de uso
Estimativa de idade biológica	Mede alterações epigenéticas que ocorrem previsivelmente com o envelhecimento	Avaliação de idade de solicitantes de asilo ou de vítimas jovens
Identificação de fluidos corporais	Diferencia sangue, saliva, sêmen, secreção vaginal por padrões de metilação tecido-específicos	Determinar se mancha em roupa íntima é sêmen ou secreção vaginal
Diferenciação de gêmeos monozigóticos	Gêmeos idênticos têm o mesmo DNA nuclear, mas metilação diferente	Casos criminais onde gêmeos são suspeitos

Tecnologia de sequenciamento Nanopore: Estudos recentes demonstram que o sequenciamento por nanoporos (Oxford Nanopore) permite detectar metilação em tempo real, sem necessidade de conversão química do DNA, com >99,5% de eficiência de alinhamento.

Projeto Europeu ForMAT: A União Europeia financia o desenvolvimento de kits forenses baseados em metilação do DNA, com previsão de avanço do nível de maturidade tecnológica (TRL 5 para TRL 7), abrangendo casos criminais, identificação de vítimas de desastres e avaliação legal de idade.

2.4. Análise Óptica Assistida por IA e Microbioma Forense

Paralelamente aos avanços genéticos, tecnologias espectroscópicas e visuais estão transformando a identificação de vestígios biológicos.

Espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) portátil: Um estudo publicado no *Spectrochimica Acta Part A* (2026) demonstrou que dispositivos manuais de NIR combinados com redes neurais artificiais conseguem distinguir ossos humanos de animais com 96,3% de acurácia, sem destruir a amostra. A tecnologia permite triagem rápida em cena de crime, identificando quais ossos merecem análise genética detalhada.

Análise de solo e microbioma forense: O solo presente em vestígios (sapatos, pneus, roupas) funciona como uma "impressão digital" geográfica. A metagenômica de DNA identifica a comunidade microbiana do solo, que varia significativamente entre localizações. Modelos preditivos com IA (Random Forest e SVM) alcançam acurácia superior a 90% na classificação da origem geográfica do solo.

2.5. Síntese: O Que as Novas Tecnologias Acrescentam (e o Que Não Mudam)

Tecnologia	Função principal	Complementaridade com DNA tradicional
STR (tradicional)	Identificação individual	—
MPS/SNPs	ID em amostras degradadas + inferência fenotípica	Amplia poder quando STR falha
CRISPR-Cas9	Análise de misturas e amostras complexas	Resolve limitações técnicas do STR
Metilação/Nanopore	Idade, fluidos corporais,	Responde o "como" e "quando"

	diferenciação de gêmeos	
NIR + IA	Triagem rápida de vestígios biológicos	Preserva amostras para análise genética posterior

O dado crucial, que interessa diretamente ao direito processual penal, é este: nenhuma dessas tecnologias responde isoladamente à pergunta pela autoria delitiva. A epigenética pode dizer se um contato foi recente ou antigo; o MPS pode extrair perfil de uma amostra degradada; o CRISPR pode desagregar uma mistura complexa; a espectroscopia pode identificar um osso humano em segundos. Mas todas permanecem estruturalmente silentes quanto à *intencionalidade*, à *dinâmica do evento* e à *exclusão de hipóteses alternativas*. O avanço tecnológico, portanto, não elimina o problema central da prova genética — apenas o desloca para patamares mais sofisticados, onde o risco de supervalorização da ciência se torna ainda maior.

3. O Caso Tiffany Hambletton: Quando o DNA Aponta, Mas Não Condena

Em fevereiro de 1986, Tiffany Lynn Hambletton, de 14 anos, desapareceu em Salt Lake City (Utah) após assistir a um show. Seu corpo foi encontrado seis semanas depois, vítima de homicídio por esfaqueamento, em uma vala próxima ao aeroporto. O caso permaneceu arquivado por 17 anos até que, em 2003, a exumação permitiu nova coleta de material biológico. Em 2007, Dan Petersen foi preso após seu perfil de DNA ser compatível com sêmen encontrado na vítima e sob as unhas da jovem.

Estratégias da Promotoria (Estado de Utah):

A equipe de acusação, liderada pelos promotores Patricia Parkinson e Kent Morgan, estruturou sua tese em três pilares:

1. DNA como Prova de Violência: A promotora Parkinson afirmou que o DNA sob as unhas de Tiffany indicava luta corporal, enquanto o promotor Morgan

enfatizou que a presença do esperma de Petersen nas roupas da vítima o conectava fisicamente ao crime.

2. Motivação para o Silêncio: A acusação sustentou que Petersen teria matado Tiffany porque ela era "a única testemunha do crime terrível de um homem adulto ter relações sexuais ilegais com uma menor de idade" e poderia identificá-lo.
3. Apelo ao Senso Comum: Morgan concluiu seus argumentos pedindo que o júri usasse o "senso comum" para condenar Petersen, afirmando que "Tiffany Hambletton esperou 21 anos" por justiça.

Estratégias da Defesa:

A defesa, conduzida pelos advogados Randall Skeen, Shawn Robinson e Glen Cook, focou em desconstruir a narrativa acusatória:

1. Distinção Fundamental: O argumento central foi que "a evidência de DNA era forte, mas era evidência de DNA de sexo, não de DNA de assassinato". Skeen afirmou que "o DNA dele na blusa não é suficiente para condená-lo por assassinato. Talvez pudesse condená-lo por estupidez e um evento sexual, mas não por homicídio".
2. Analogia da Linha de Pipa: Skeen comparou o caso da acusação a "uma linha de pipa gasta e frequentemente remendada", sugerindo que a prova era fragmentada.
3. Ausência de Evidência Física Cruzada: A defesa destacou que testemunhas viram Petersen no dia seguinte ao crime sem sangue nas roupas, e que um esfaqueamento brutal teria respingado sangue por toda parte, o que não foi encontrado no carro ou nas vestes do réu.

Após apenas 4 horas e meia de deliberação, o júri absolveu Petersen. O desfecho não invalida o uso do DNA; evidencia, sim, seus limites quando tratado como elemento autossuficiente. A investigação, ao fixar-se na coincidência genética, não conseguiu construir a ponte probatória entre presença e autoria. Como observou um jurado: *"Maybe it could convict him of stupidity and a sexual event, but not murder"*.

Se houvesse à época tecnologias como a metilação do DNA (para estimar o tempo do contato biológico) ou a análise de microbioma de solo (para verificar se o veículo de Petersen esteve no local do corpo), talvez a acusação tivesse mais elementos contextuais — ou, inversamente, a defesa mais argumentos para a dúvida razoável. Mas mesmo essas tecnologias não responderiam à pergunta decisiva: quem desferiu as facadas? A absolvição de Petersen permanece como um alerta perene: nenhuma tecnologia, por mais avançada que seja, substitui a reconstrução probatória completa.

4. A Jurisprudência Brasileira: Reconhecendo os Limites da Ciência Forense

O ordenamento jurídico brasileiro, por meio de decisões emblemáticas do STF e STJ, tem internalizado progressivamente os mesmos alertas, evidenciando que o erro judiciário muitas vezes nasce da supervalorização de provas testemunhais frágeis em detrimento da ciência ou vice-versa.

4.1. Caso Carlos Edmilson da Silva (2024): O Reconhecimento Viciado e o DNA Excludente

Carlos Edmilson da Silva foi preso em 2012 em Barueri (SP) e condenado a 137 anos por dez estupros, com base exclusivamente em reconhecimentos fotográficos e presenciais. Após 12 anos de encarceramento, exames de DNA solicitados pelo Innocence Project Brasil demonstraram que o perfil genético encontrado nas vítimas não correspondia ao de Carlos, mas a outro indivíduo já preso.

Argumentos da Acusação (Original): O promotor Vagner dos Santos Queiroz defendeu a condenação baseada na foto com uma declaração que se tornou símbolo do viés racial e da fragilidade probatória: *"O que mais existe nesse país são condenações de estupradores e ladrões com tipo físico e rosto comum (...) Com efeito, poucas devem ser as vítimas estupradas pelos sósias do Brad Pitt, do Daniel Craig e do George Clooney"*.

Argumentos da Defesa (Innocence Project Brasil): A advogada Flavia Rahal demonstrou que o reconhecimento foi "indutivo", pois as vítimas foram confrontadas com uma única fotografia, induzindo ao erro em situações de estresse traumático. O STJ

anulou todas as condenações, e o DNA atuou como excludente de autoria, provando que a ciência só cumpre seu papel quando aplicada com rigor.

Aqui, tecnologias avançadas como MPS/SNPs poderiam ter resolvido o caso anos antes, extraindo perfis genéticos mesmo de amostras degradadas ou antigas. Mas o problema central não era técnico — era cognitivo e processual: a investigação fixou-se em um suspeito e abandonou outras hipóteses. A ciência, quando finalmente chamada, corrigiu o erro. Mas 12 anos de prisão já haviam sido cumpridos.

4.2. Caso Israel de Oliveira Pacheco (STF, 2018): A Dúvida Razoável entre Testemunha e DNA

Em 2018, a Primeira Turma do STF absolveu Israel Pacheco, condenado por estupro no RS, após laudo de DNA comprovar que o sangue da cena do crime pertencia a um corréu, e não a ele.

Argumentos da Acusação (Original): O Ministério Público e os votos vencidos dos ministros Barroso e Moraes priorizaram o reconhecimento da vítima e sua mãe, que identificaram Israel como o autor, mesmo diante da prova científica em sentido contrário.

Argumentos da Defesa (Defensoria Pública): A defensoria usou o exame de DNA para pedir a absolvição, baseada no *in dubio pro reo*.

Decisão do STF: O ministro Luiz Fux, no voto de desempate, consagrou o precedente: *"Uma condenação deve ser clara como a luz. (...) a dúvida, para além do razoável, deve operar em favor do réu"*. A decisão afirmou que a condenação exige clareza probatória insuscetível de explicações alternativas, e que o DNA, ao gerar dúvida, deve prevalecer sobre a palavra da vítima quando esta não é corroborada.

Neste caso, a tecnologia tradicional de STR foi suficiente para gerar a dúvida razoável. Mas se o exame de DNA não tivesse sido possível (por degradação da amostra, por exemplo), tecnologias como CRISPR-Cas9 ou MPS poderiam ter

viabilizado a análise onde o STR falharia. O princípio, contudo, permaneceria o mesmo: diante da dúvida, absolve-se.

4.3. Caso Antonio Claudio Barbosa de Castro (Paralelo): O Viés de Túnel

Conhecido como o "maníaco da moto", foi condenado por reconhecimento vocal, mas inocentado quando perícias em vídeos mostraram que o autor era 15cm mais alto. Embora não envolva DNA, ilustra como a *visão de túnel* leva autoridades a descartarem evidências exculpatórias, fenômeno que ameaça a interpretação de qualquer tecnologia forense — incluindo as mais avançadas.

4.4. Posicionamentos Estruturantes do STJ e STF

1. Proibição de condenação com base em elementos informativos não confirmados em juízo (Súmula 70 do STJ, reiterada em múltiplos precedentes);
2. Nulidade do reconhecimento pessoal ou fotográfico sem observância do art. 226 do CPP (Tema 1.107 do STJ), sob pena de vício indutivo e contaminação probatória;
3. DNA como prova probabilística e contextual, sujeita a contaminação, transferência secundária e erros de interpretação, devendo ser valorada em conjunto com outras provas;
4. Dever de investigação imparcial, com busca ativa de hipóteses concorrentes e registro de diligências que comprovem ou afastem a autoria, sob pena de violação do devido processo legal e da ampla defesa.

5. Visão de Túnel e Viés de Confirmação: Riscos Agravados pelas Novas Tecnologias

A *visão de túnel* (ou *confirmation bias*) ocorre quando a descoberta de uma coincidência genética acelera o viés investigativo:

1. A polícia trata o perfil de DNA como "prova definitiva".
2. Abandona outras linhas de inquérito.

3. Ignora registros de álibi ou alternativas plausíveis para a presença do material.

O resultado é um processo fragilizado, onde a acusação repousa sobre um alicerce técnico incompleto, como ocorreu no caso de Utah e no quase erro do caso Pacheco.

As novas tecnologias trazem um risco adicional, frequentemente negligenciado: quanto mais sofisticada a ferramenta, maior sua *aura de infalibilidade* perante jurados, juízes e até peritos. Um resultado de sequenciamento de próxima geração, ou uma análise de metilação por nanopore, pode parecer "mais científico" do que um exame de STR tradicional — e, portanto, mais difícil de ser contestado em contraditório. Isso torna o viés de confirmação ainda mais perigoso: a confiança excessiva na tecnologia pode cegar o investigador para a necessidade de corroboração contextual.

A literatura especializada em CRISPR-Cas9 já alerta para esse fenômeno, recomendando que tribunais e laboratórios adotem protocolos de neutralidade cognitiva, revisão por pares cega e obrigatoriedade de registro de hipóteses alternativas antes da conclusão de laudos. O mesmo se aplica ao MPS, à epigenética e à espectroscopia por IA: a tecnologia é ferramenta, não oráculo.

6. O Padrão de Prova e a Dúvida Razoável no Ordenamento Brasileiro

Embora o direito brasileiro não utilize textualmente a expressão *beyond reasonable doubt* (típica do *common law*), o artigo 5º, LVII, da Constituição Federal (presunção de inocência) e o artigo 386, inciso VI, do Código de Processo Penal (absolvição por insuficiência de provas ou existência de circunstância que autorize dúvida sobre o fato ou sua autoria) funcionam como equivalentes funcionais.

A jurisprudência pátria consolidou que:

1. O ônus da prova recai integralmente sobre a acusação;
2. A dúvida razoável não é falha do sistema, mas garantia constitucional;

3. A condenação exige conjunto probatório coerente, plural e inquestionável, nunca prova isolada;
4. Laudos periciais, inclusive genéticos e epigenéticos, devem ser submetidos ao contraditório, à ampla defesa e à crítica técnica.

Quando o DNA — ainda que analisado pelas mais avançadas tecnologias (MPS, CRISPR, metilação) — é apresentado como peça única de convicção, sem conexão com a dinâmica delitiva, sem exclusão de transferência incidental e sem corroboração circunstancial, o padrão de prova não é atingido. A absolvição, nesses casos, não é negação da ciência, mas honra ao Estado Democrático de Direito.

Conclusão: Ciência a Serviço da Verdade, Não da Conveniência

O assassinato de Tiffany Hambletton e os casos brasileiros de Carlos Edmilson e Israel Pacheco demonstram, de forma convergente e juridicamente relevante, que o DNA identifica, mas não condena. Nos EUA, o júri entendeu que o DNA prova contato sexual, não homicídio. No Brasil, o STF entendeu que o DNA gera dúvida razoável capaz de absolver, enquanto o STJ o usou para desfazer um erro de 12 anos.

As novas tecnologias — MPS/SNPs, CRISPR-Cas9, metilação do DNA, espectroscopia NIR com IA, microbioma forense — expandem imensamente o que podemos extrair de um vestígio biológico. Elas permitem análises de amostras degradadas, estimativa de idade, identificação de fluidos corporais, diferenciação de gêmeos, triagem rápida em campo e até inferências sobre características físicas do doador. Mas nenhuma delas responde à pergunta central do processo penal: quem, com intenção e culpabilidade, praticou o delito?

A autoria de um crime só se firma quando a ciência serve à investigação, e não o contrário; quando a dúvida razoável é respeitada como limite intransponível; e quando a condenação repousa sobre um conjunto probatório que não apenas conecta, mas explica. Nesse equilíbrio reside não apenas a eficácia da justiça, mas a sua legitimidade.

O futuro da perícia no Brasil depende da superação da visão de túnel, da formação continuada em viés cognitivo, da transparência laboratorial e da adoção de

protocolos que priorizem a busca pela verdade real, e não pela confirmação de hipóteses pré-concebidas. As mais avançadas tecnologias serão bem-vindas — desde que utilizadas com humildade epistêmica, submetidas ao contraditório e integradas a uma investigação plural, contextualizada e imparcial.

Só assim o DNA cumprirá seu verdadeiro papel: iluminar caminhos, nunca fechar portas.

Fontes e Referências Integradas

Caso Tiffany Hambletton (State v. Petersen):

Deseret News – Cobertura diária do julgamento (alegações finais, depoimentos, veredicto)
KSL.com - Reportagens sobre prisão, andamento processual e absolvição
The Salt Lake Tribune – Matéria sobre prisão baseada em DNA e veredicto via Associated Press
ABC4 Utah – Reportagens retrospectivas sobre o caso como "oportunidade perdida"
Forbes – Artigo sobre o papel do Sorenson Forensics na identificação do suspeito

Casos Brasileiros:

Caso Carlos Edmilson da Silva – STJ, decisão de 2024; cobertura do *Innocence Project Brasil*
Caso Israel de Oliveira Pacheco – STF, Primeira Turma, 2018 (voto do Min. Luiz Fux)
Caso Antonio Claudio Barbosa de Castro – TJ-CE e cobertura da imprensa nacional

Tecnologias Avançadas:

CRISPR-Cas9 na forense: *Journal of Forensic and Legal Medicine* (2026)
MPS/SNPs e microhaplotipos: literatura especializada em genética forense
Metilação do DNA e sequenciamento Nanopore: estudos do Projeto Europeu ForMAT
Espectroscopia NIR com IA: *Spectrochimica Acta Part A* (2026)
Microbioma forense: modelos Random Forest e SVM (acurácia >90%)

DNA E JURISPRUDÊNCIA:
LIMITES DO PROVÁVEL CIENTÍFICO

Este artigo explora a problemática das provas genéticas no contexto do direito brasileiro, discutindo desafios, limitações e a necessidade de estabelecer limites científicos. O trabalho aborda a "visão em tùnel" investigativa e a jurisprudéncía brasileira diante do *conceito de dŭvìda razoàvel.*

Internet Archives Presentation
Altpincée

apresentacao.archive.org/cpf14